

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 23 JAN 2004
WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 55 530.3

Anmeldetag: 27. November 2002

Anmelder/Inhaber: Hovalwerk AG, Vaduz/LI

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zum Kühlen von Umluft

IPC: F 24 F 5/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 4. Dezember 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Letang

H 351
Hs-sb/fu

Hovalwerk AG
Austraße 70
FL-9490 Vaduz
Fürstentum Liechtenstein

Verfahren und Vorrichtung zum Kühlen von Umluft

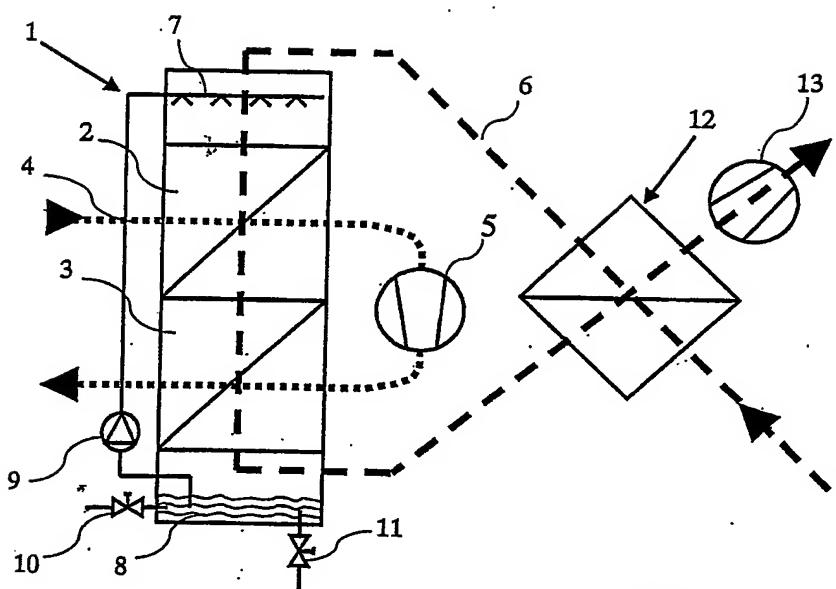
10

Zusammenfassung

Das Kühlen der Umluft (4) erfolgt im Wärmeaustausch mit adiabat gekühlter Prozeßluft (6). Hierzu ist eine erste Wärmeaustauscheinrichtung (1) vorgesehen, die mit der Umluft 15 (4) sowie mit Prozeßluft (6) beschickt wird. Sie enthält eine Befeuchtungseinrichtung (7), mit der Wasser in die Prozeßluft (6) eingesprührt wird. Dadurch kommt es zur adiabaten Kühlung der Prozeßluft und im Wärmeaustausch mit der Umluft (4) zu deren entsprechender Kühlung. Die Prozeßluft wird vor 20 Eintritt in die erste Wärmeaustauscheinrichtung (1) und nach Austritt aus letzterer durch eine zweite Wärmeaustauscheinrichtung (12) geführt, in der die gekühlte Prozeßluft der ungekühlten Prozeßluft vorab Wärme entzieht. Dies erhöht die Kühlleistung der Vorrichtung.

25

(Fig. 1)



Figur 1

Verfahren und Vorrichtung zum Kühlen von Umluft

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Kühlen von Umluft im Wärmeaustausch mit adiabat gekühlter Prozeßluft.

Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der sogenannten indirekten adiabaten Kühlung, da das für die adiabate Kühlung erforderliche Wasser nicht in die Umluft eingebracht wird, sondern in die Prozeßluft, bei der es sich bevorzugt um Außenluft handelt. Die adiabat gekühlte Prozeßluft tritt als Enthalpie-Senke in Wärmeaustausch mit der Umluft und senkt deren Temperatur.

Die Kühlleistung derartiger Systeme hängt von der Ausgangstemperatur und -feuchte der Prozeßluft ab. Ist z.B. diese Temperatur relativ hoch, reicht die Kühlleistung nicht aus, die Umluft wirksam zu kühlen. Bisher ist man daher gezwungen, eine zusätzliche Kompressions- oder Absorptionskälteanlage einzusetzen.

Derartige Kälteanlagen erhöhen den vorrichtungstechnischen Aufwand. Sie verbrauchen hochwertige Energie in Form von elektrischem Strom oder fossilen Brennstoffen und arbeiten darüber hinaus mit umweltbelastendem Kältemitteln. Vermehrt sind gesetzliche Bestimmungen erforderlich, die den Verbrauch von hochwertiger Energie und die Verwendung umweltbelastender Stoffe reglementieren.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Effizienz der indirekten adiabaten Umluftkühlung mit einfachen Mitteln zu steigern.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist das eingangs genannte Verfahren erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß die gekühlte Prozeßluft nach ihrem Wärmeaustausch mit der Umluft Wärme aus der ungekühlten Prozeßluft aufnimmt.

Nach ihrem Wärmeaustausch mit der Umluft weist die gekühlte Prozeßluft eine Temperatur auf, die unter der Tempe-

ratur der ungekühlten Prozeßluft liegt. Sie kann also aus der ungekühlten Prozeßluft Wärme aufnehmen, so daß deren Temperatur sinkt. Die adiabate Kühlung wirkt also auf eine Prozeßluft ein, deren Temperatur bereits abgesenkt ist. Dies

5 kommt der Kühlung der Umluft zugute, und zwar mit dem Ergebnis, daß - bei Anwendungen, in welchen die sensible Kühlung der Umluft ausreichend ist - auf zusätzliche Kompressions- oder Absorptionskälteanlagen verzichtet werden kann. Der hierfür erforderliche apparatetechnische Aufwand ist gering.

10 Auch sinken neben den Investitionskosten die Betriebskosten, da weniger Energie und weniger Wasser verbraucht wird.

Hervorzuheben ist ferner, daß für den Betrieb der Kühl-anlage kein Bewilligungsverfahren erforderlich ist. Die War-tung vereinfacht sich, weil kein Kältespezialist hinzugezo-
15 gen werden muß. Auch entfällt jegliche auf den Einsatz von Kältemitteln zurückzuführende Umweltbelastung.

Die adiabate Kühlung der Prozeßluft kann erfolgen, bevor die Prozeßluft in Wärmeaustausch mit der Umluft tritt. Man kann dann von einer zweistufigen Verdunstung sprechen. Vor-
20 teilhafter kann eine einstufige Verdunstung sein, wobei die adiabate Kühlung der Prozeßluft beim Wärmeaustausch mit der Umluft erfolgt. Im Gegensatz zur zweistufigen Verdunstung kommt es hierbei zu einer Benetzung der Wärmeaustauschflä-
chen mit dem eingespritzten Wasser.

25 Je nach Betriebszustand kann sich die Wassertemperatur während der einstufigen adiabaten Kühlung ändern. Überra-schenderweise wurde gefunden, daß hieraus wesentliche Aus-wirkungen auf die Verfahrensführung resultieren. Sinkt die Wassertemperatur, ist es vorteilhaft, die Umluft und die
30 Prozeßluft bei ihrem Wärmeaustausch in Gleichstromschaltung zu führen. Andernfalls ist die Gegenstromschaltung günsti-ger. In Weiterbildung der Erfindung wird daher vorgeschla-gen, die Umluft und die Prozeßluft bei ihrem Wärmeaustausch entweder in Gleich- oder Gegenstromschaltung bzw. in Kreuz-
35 gleich- oder -gegenstromschaltung zu führen.

Die Kühlleistung ist vorzugsweise durch Variation der Massenstromverhältnisse Umluft/Prozeßluft und/oder durch Variation der in die Prozeßluft eingebrachten Wassermenge regelbar.

5 Die Vorrichtung zur Lösung der gestellten Aufgabe weist eine erste Wärmeaustauscheinrichtung, die mit der Umluft und mit Prozeßluft beschickbar ist, sowie eine Befeuchtungseinrichtung zum Einbringen von Wasser in die Prozeßluft auf und ist erfindungsgemäß gekennzeichnet durch eine zweite Wärme-

10 austauscheinrichtung, die prozeßluftseitig der ersten Wärmeaustauscheinrichtung vor- und nachgeschaltet ist. Die Prozeßluft durchströmt also erst die zweite Wärmeaustauscheinrichtung und sodann die erste Wärmeaustauscheinrichtung, woraufhin sie durch die zweite Wärmeaustauscheinrichtung ab-

15 geleitet wird. In der zweiten Wärmeaustauscheinrichtung nimmt die gekühlte Prozeßluft Wärme aus der ungekühlten Prozeßluft auf und senkt dadurch deren Temperatur.

Vorteilhafterweise ist die zweite Wärmeaustauscheinrichtung mindestens auf der Eintrittsseite der ungekühlten Prozeßluft über einen Bypass umgehbar, und zwar für den Fall, daß die Temperatur der ungekühlten Prozeßluft deren Vorab-Kühlung in der zweiten Wärmeaustauscheinrichtung überflüssig macht. Unter diesem Gesichtspunkt ist auch die Befeuchtungseinrichtung vorteilhafterweise abschaltbar. Schließlich be-

20 25 steht eine bevorzugte Möglichkeit darin, mit sogenannter freier Kühlung zu arbeiten, wobei die Außenluft zur direkten Raumkühlung eingesetzt wird.

Die Befeuchtungseinrichtung kann als Wäscher, Kontaktbefeuchter, Hochdruckbefeuchter oder dergleichen ausgebildet

30 sein. Sie kann sich zwischen der ersten und der zweiten Wärmeaustauscheinrichtung befinden. Diese Art der Anordnung kann, wie erwähnt, als zweistufige Verdunstung bezeichnet werden. Vorteilhafter ist unter Umständen die einstufige Verdunstung, bei der die Befeuchtungseinrichtung in die erste Wärmeaustauscheinrichtung integriert ist. Das Wasser

wird also direkt in die erste Wärmeaustauscheinrichtung eingespritzt und benetzt deren Wärmeaustauschflächen.

Vorzugsweise ist die erste Wärmeaustauscheinrichtung dabei im Gegen- oder Gleichstrom betreibbar, je nachdem, ob 5 sich die Temperatur des Wassers bei der adiabaten Kühlung erhöht oder vermindert.

In wesentlicher Weiterbildung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß die erste Wärmeaustauscheinrichtung mindestens zwei Kreuzstromwärmeaustauscher aufweist, wobei auch diese 10 bevorzugt im Kreuzgegen- oder -gleichstrom betreibbar sind.

Vorteilhafterweise wird die Prozeßluft von einem Gebläse gefördert, welches im Wege der gekühlten Prozeßluft stromab der zweiten Wärmeaustauscheinrichtung angeordnet ist. Das Gebläse saugt also die Prozeßluft durch die Vorrichtung hin- 15 durch. Dabei ist die Anordnung so getroffen, daß die durch das Gebläse zwangsläufig erzeugte Erwärmung der Prozeßluft die Kühlleistung nicht beeinträchtigt.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels im Zusammenhang mit der beiliegenden 20 Zeichnung näher erläutert. Die Zeichnung zeigt in:

Figur 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung in schematischer Darstellung;

Figur 2 die Zustandsänderungen der Umluft und der Prozeßluft im h,x -Diagramm.

Nach Figur 1 ist eine erste Wärmeaustauscheinrichtung 1 25 vorgesehen, die zwei Kreuzstromwärmeaustauscher 2 und 3 ent- hält. Die erste Wärmeaustauscheinrichtung 1 wird mit Umluft 4 beaufschlagt, und zwar durchströmt diese erst den Kreuz- stromwärmeaustauscher 2 und sodann den Kreuzstromwärmeaus- 30 tauscher 3. Ein Gebläse 5 sorgt für den Transport der Umluft 4.

Die erste Wärmeaustauscheinrichtung 1 wird ferner mit Prozeßluft 6 beaufschlagt, bei der es sich im vorliegenden Fall um Außenluft handelt. Auch die Prozeßluft 6 durchströmt 35 erst den Kreuzstromwärmeaustauscher 2 und sodann den Kreuz-

stromwärmeaustauscher 3. Die erste Wärmeaustauscheinrichtung 1 arbeitet also in Kreuzgleichstromschaltung, was deshalb vorteilhaft ist, weil der Betriebszustand der Vorrichtung zu einer Abkühlung des in die erste Wärmeaustauscheinrichtung 1 5 eingespritzten Wassers führt.

Die erste Wärmeaustauscheinrichtung 1 ist hierzu mit einer Befeuchtungseinrichtung 7 versehen, die das Wasser in die Prozeßluft 6 einsprüht und auf diese Weise deren adiabate Kühlung bewirkt. Das Wasser sammelt sich in einem Sumpf 10 8 und wird von einer Pumpe 9 der Befeuchtungseinrichtung 7 zugeführt. Der Sumpf 8 ist mit einem Wasserzulauf 10 und einem Wasserablauf 11 versehen.

Vor Eintritt in die erste Wärmeaustauscheinrichtung 1 und nach Austritt aus dieser durchströmt die Prozeßluft 6 15 eine zweite Wärmeaustauscheinrichtung 12, und zwar unter der Wirkung eines Gebläses 13, das, bezogen auf die gekühlte Prozeßluft, stromab der zweiten Wärmeaustauscheinrichtung 12 angeordnet ist. Die vom Gebläse 13 erzeugte Wärme kann die Kühleistung nicht beeinträchtigen. Da die Temperatur der 20 gekühlten Prozeßluft 6 nach Austritt aus der ersten Wärmeaustauscheinrichtung 1 niedriger ist als die Temperatur der Prozeßluft 6 vor Eintritt in die zweite Wärmeaustauscheinrichtung 12, kann in letzterer ein Wärmeaustausch zwischen den beiden Strömen der Prozeßluft 6 erfolgen, und zwar mit 25 dem Ergebnis, daß die Prozeßluft 6 bereits mit erniedrigter Temperatur der adiabaten Kühlung unterworfen wird. Eine entsprechende Erhöhung der Kühleistung ist die Folge.

Figur 2 zeigt im h,x-Diagramm ein Beispiel für eine einstufige adiabate Kühlung, wie sie mit der Vorrichtung nach 30 Figur 1 durchführbar ist, wobei eine Linie a die Temperatursenkung der Umluft 4 in der ersten Wärmeaustauscheinrichtung 1 wiedergibt. Eine Linie b zeigt diejenige Temperatursenkung, die die Prozeßluft 6 in der zweiten Wärmeaustauscheinrichtung 12 erfährt. Eine Linie c gibt die Temperatursenkung 35 der Prozeßluft 6 durch die adiabate Kühlung in der ersten

Wärmeaustauscheinrichtung 1 wieder, und eine Linie d zeigt die Temperaturerhöhung der Prozeßluft 6 in der zweiten Wärmeaustauscheinrichtung 12.

Im Rahmen der Erfindung sind durchaus Abwandlungsmöglichkeiten gegeben. So kann die Förderrichtung des Gebläses 5 umgekehrt werden. Die erste Wärmeaustauscheinrichtung 1 arbeitet dann in Kreuzgegenstromschaltung. Diese Arbeitsweise wird man wählen, wenn die Wassertemperatur zwischen dem Prozeßlufttein- und -austritt nicht sinkt. Ferner besteht 10 die Möglichkeit, die Befeuchtungseinrichtung von der ersten Wärmeaustauscheinrichtung abzukoppeln und zwischen den beiden Wärmeaustauscheinrichtungen arbeiten zu lassen. Die Integration der Befeuchtungseinrichtung in die erste Wärmeaustauscheinrichtung ist allerdings besonders vorteilhaft. Die 15 erste Wärmeaustauscheinrichtung kann einstufig ausgebildet sein; wie auch die zweite Wärmeaustauscheinrichtung einen mehrstufigen Aufbau aufweisen kann. Im übrigen besteht die Möglichkeit, die zweite Wärmeaustauscheinrichtung mit einem Bypass zu umgehen, wodurch im Diagramm nach Figur 2 die Linien b und d in Fortfall kommen. Schaltet man außerdem, was ebenfalls möglich ist, die Befeuchtungseinrichtung 7 ab, so entfällt auch noch die Linie c. Der Kühleffekt resultiert dann lediglich aus der Temperaturdifferenz zwischen Umluft und Prozeßluft. Schließlich kann auch noch die erste Wärmeaustauscheinrichtung abgekoppelt werden. Die Prozeßluft wird 20 sodann in den zu kühlenden Raum direkt eingeblasen.
25

Patentansprüche

1. Verfahren zum Kühlen von Umluft im Wärmeaustausch mit adiabat gekühlter Prozeßluft,
5 dadurch gekennzeichnet,
daß die gekühlte Prozeßluft nach ihrem Wärmeaustausch mit der Umluft Wärme aus der ungekühlten Prozeßluft aufnimmt.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß die adiabate Kühlung der Prozeßluft einstufig beim Wärmeaustausch mit der Umluft erfolgt.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Umluft und die Prozeßluft bei ihrem Wärmeaustausch in Gleich- oder Gegenstromschaltung geführt werden.
- 20 4. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Umluft und die Prozeßluft bei ihrem Wärmeaustausch wahlweise in Kreuzgleich- oder -gegenstromschaltung geführt werden.
- 25 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlleistung durch Variation des Massenstromverhältnisses Umluft/Prozeßluft regelbar ist.
- 30 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlleistung durch Variation der in die Prozeßluft eingebrachten Wassermenge regelbar ist.
7. Vorrichtung zum Kühlen von Umluft (4), mit einer ersten Wärmeaustauscheinrichtung (1), die mit der Umluft (4)

und mit Prozeßluft (6) beschickbar ist, und mit einer Befeuchtungseinrichtung (7) zum Einbringen von Wasser in die Prozeßluft (6),

gekennzeichnet durch

5 eine zweite Wärmeaustauscheinrichtung (12), die prozeßluftseitig der ersten Wärmeaustauscheinrichtung (1) vor- und nachgeschaltet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet,
10 daß die zweite Wärmeaustauscheinrichtung (12) mindestens auf
der Eintrittsseite der ungekühlten Prozeßluft (6) über einen
Bypass umgehbar ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekenn-
15 zeichnet, daß die Befeuchtungseinrichtung (7) abschaltbar
ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, da-
durch gekennzeichnet, daß die Befeuchtungseinrichtung (7) in
20 die erste Wärmeaustauscheinrichtung (1) integriert ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeich-
net, daß die erste Wärmeaustauscheinrichtung (1) im Gegen-
oder Gleichstrom betreibbar ist.

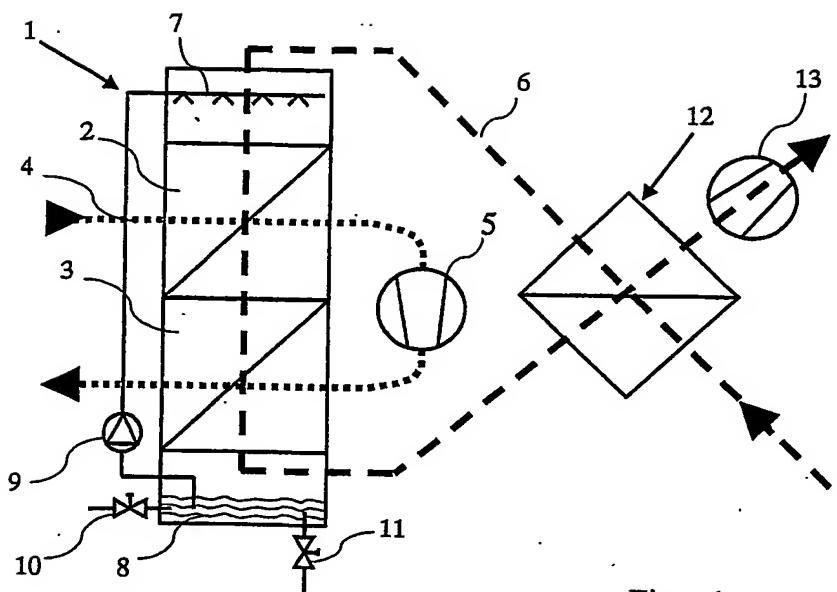
25

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, da-
durch gekennzeichnet, daß die erste Wärmeaustauscheinrich-
tung (1) mindestens zwei Kreuzstromwärmeaustauscher (2,3)
aufweist.

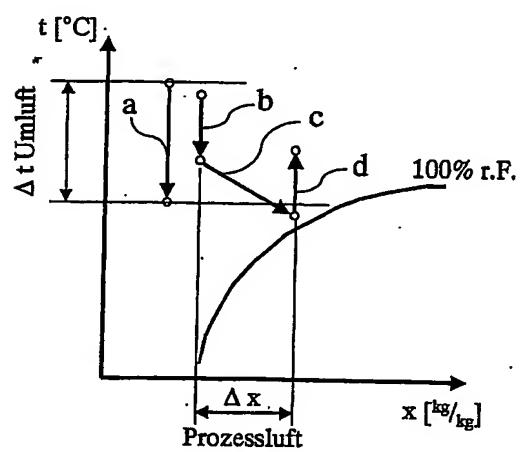
30

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeich-
net, daß die erste Wärmeaustauscheinrichtung (1) im Kreuzge-
gen- oder -gleichstrom betreibbar ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, daß die Prozeßluft (6) von einem
Gebläse (13) gefördert wird, welches im Wege der gekühlten
Prozeßluft stromab der zweiten Wärmeaustauscheinrichtung
5 (12) angeordnet ist.



Figur 1



Figur 2